

УДК 631.8:55

АГРОХИМИЧЕСКИЕ ОПЫТЫ В СИСТЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ГЕОСЕТИ: ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ

В.А. РОМАНЕНКОВ

(ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова Россельхозакадемии, г. Москва)

Рассмотрено становление и развитие Географической сети опытов с удобрениями и системы длительного полевого экспериментирования в России. Показано, что с сохранением преемственности ранее заложенных опытов исследования в Геосети усложнялись по мере развития земледелия. Проанализированы основные этапы исследований, включающие зональные системы удобрения, управление почвенным плодородием, разработку интенсивных технологий, агроландшафтные исследования, оценку изменения климата.

Ключевые слова: длительные полевые опыты, удобрения, опытное дело, почвенное плодородие, системы удобрения.

AGRO-CHEMICAL EXPERIMENTS IN GEO-NETWORK RESEARCH SYSTEM: THE PAST, THE PRESENT AND THE FUTURE

V.A. ROMANENKOV

(Pryanishnikov All-Russian Research Institute of Agrochemistry, Moscow)

Launching and development of Geographical Network of Field Experiments with Fertilizers and system of long-term experiments in Russia were considered. It is shown that as agriculture advances, investigations in the Geographical Network become more complicated, while maintaining continuity of previous trials. The main stages of investigations have been analyzed, including zonal fertilization system, soil fertility management, development of intensive technologies, agricultural landscape studies and climate change assessments.

Key words: long-term experiments, field experimentation, fertilizers, soil fertility, fertilization systems.

В 2011 г. исполнилось 70 лет со дня основания Географической сети опытов с удобрениями, что закреплено приказом № 18 по Наркозему СССР от 14 января 1941 г. Это знаменательное событие произошло, несомненно, благодаря инициативе и настойчивым усилиям академика Д.Н. Прянишникова. Географическая сеть опытов играет важнейшую роль в системе агрохимических исследований России, является уникальным экспериментальным полигоном по изучению воздействия агрохимических средств на плодородие почв, продуктивность растений и качество с.-х. продукции, экологические последствия их использования, объединяет работу НИИ, вузов, государственных центров и станций агрохимслужбы.

Принципы создания подобной экспериментальной базы агрохимических исследований разработаны еще с середины 50-х гг. XIX в., когда были заложены первые европейские агрономические полевые опыты. Первая опытная станция была организована Буссенго в 1835 г. во Франции, а в 1843-1856 гг. на Ротамстедской опытной станции в Англии Лоозом и Джилбертом закладываются 9 стационарных опытов.

Основной задачей опытов являлась сравнительная оценка действия навоза и минеральных удобрений на урожайность с.-х. культур. Первые длительные опыты являлись экспериментальной проверкой теории минерального питания растений.

Первые опытные поля в России были открыты по инициативе местных земств и обществ в 80-х гг. XIX в. В 1902 г. сеть станций была основана при сахарных заводах. Через шесть лет Главным управлением землеустройства и земледелия принимается решение об открытии зональных опытных станций, содержащихся за счёт государства, в соответствии с подготовленным крупнейшим специалистом по сельскому опытному делу В.В. Винером проектом деления страны на с.-х. области.

По инициативе Д.Н. Прянишникова в 1920-х гг. в высших учебных заведениях страны массово открываются кафедры агрохимии, а также опытные станции агрохимической специализации. По мнению академика РАН Г.В. Добровольского, по степени изученности почв и почвенных ресурсов, обеспеченности картографическими и почвенно-аналитическими материалами, а также по уровню развития почвоведения и агрохимии Россия в те годы занимала одно из самых передовых мест в мире.

Для районирования территории страны с целью выявления эффективности применения удобрений Д.Н. Прянишниковым в 1924 г. была составлена почвенно-агрономическая карта [1]. В основу деления было положено применение азотных и фосфорных удобрений в Нечерноземной зоне и только фосфорных — в черноземной полосе, с подразделением на северную и южную часть по эффективности фосфоритной муки. Данные разработки, составившие основу доклада Сельскохозяйственной секции Госплана, были положены в основу перспективного плана «химизации сельского хозяйства» — одного из советских проектов глобальной реконструкции экономики. В 1926-1930 гг. Научным институтом удобрений (НИУ) под руководством Д.Н. Прянишникова, А.Н. Лебеядцева, А.П. Левицкого по единым схемам и методикам проведено 3808 опытов в 317 учреждениях. Географическая сеть опытов НИУ была образцом комплексной работы агрономов, агрохимиков и почвоведов. Была установлена эффективность удобрений в дозах от 45 до 120 кг/га на основных типах почв, сделан вывод о том, что при соответствующем развитии химизации на севере, в подзолистой зоне, возможно получить ту же продуктивность, что и в черноземной полосе. На обобщении полученных данных этой сети базировались первые расчеты планирования развития промышленности по производству удобрений.

Закладка стационарных опытов в России планировалась на постоянных опытных участках, рассматриваемых как база для проведения углубленных теоретических исследований. В 20-х гг. XX в. основное внимание в работах Д.Н. Прянишникова уделяется правильности организации опытов по сравнительному действию навоза и минеральных удобрений, в 30-х гг. ставится задача увязать изучение динамики свойств почв с ростом и развитием растений, с учетом принципа сравнимости и проведения обобщений. Для этого разрабатываются методические материалы по основным принципам построения программ и методики стационарных опытов с удобрениями, а также ведения в них почвенных, агрохимических, микробиологических и физиологических исследований.

Создание Географической сети опытов с удобрениями в 1941 г. потребовало разработки единых схем и методик проведения опытов, унификации аналитических методик исследования почв и растений. Для участников Геосети впервые в 1940 г. были составлены и изданы инструкции по проведению полевых опытов, а затем — периодически обновляемые «Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями», регламентирующие принципы выбора участка, его подготовки, закладки и ведения опыта, а также необходимого минимума полевых и аналитических исследований.

Широкое развитие работы по географическому изучению действия удобрений получили после 1963 г. в связи с развитием производства минеральных удобрений и химических средств защиты растений в стране. Президиум ВАСХНИЛ в постановлении от 3 августа 1966 г. подтвердил, что географические опыты по определению разных доз, форм и способов внесения минеральных удобрений должны обязательно проводиться по единым программам, схемам и методике, подобно тому, как осуществляется государственное испытание сортов с.-х. культур. Расширение участников Географической сети опытов позволило начиная с 60-х гг. провести региональные исследования эффективности удобрений по с.-х. районам и разным типам почв.

Под общей редакцией академиков В.Д. Паникова (осуществлявшего с 1972 г. научно-методическое руководство работой Геосети в стране) и В.Г. Минеева (возглавившего отдел Геосети и проведение научных исследований в системе учреждений-участников) лабораторией Геосети опубликовано более 20 монографий, где изложены итоги многолетних полевых исследований 350 научных учреждений Геосети на территории СССР. В опубликованных материалах доказывалось, что под влиянием длительного применения удобрений в дерново-подзолистых и серозёмных почвах повышается содержание углерода и азота; происходит увеличение надземной массы растений и увеличение накопления растительных остатков; повышается биологическая активность почв; повышается валовое содержание фосфора и его доступных форм, возрастает подвижность фосфатов; основная часть фосфора удобрений остаётся в пахотном слое; внесение калийных удобрений увеличивает количество подвижного калия в почве, что связано с мобилизацией почвенного калия. Значительная часть этой информации была опубликована в 22 выпусках сборников «Результаты исследований в длительных опытах по зонам страны», подготовленных коллективом лаборатории Геосети ВИУА во главе с академиком В.Г. Минеевым. На основе обобщения этой информации к 1970 г. были разработаны практические рекомендации по определению потребности земледелия страны в удобрениях, распределению их фондов; по целесообразному ассортименту; были установлены закономерности зонального действия видов и форм удобрений, определена эффективность средних доз [9].

Данные полевых опытов Геосети широко использовались в качестве исходного материала для корректировки географических особенностей влияния удобрений за счет направленного управления плодородием почвы.

Обобщение материалов проводили, как правило, на основе разделения по различным типам почв, а для территорий наиболее интенсивного возделывания зерновых — по подтипам черноземов либо по природно-экономическим районам. Среди управляемых факторов учитывали предшественники, уровень окультуренности, определенный на уровне типа почвы, ресурсы органических удобрений. Подобный подход являлся основным для обобщения массового экспериментального материала Геосети в период 60-80-х гг. прошлого столетия.

Если в 30-е гг. XX в. решался вопрос об определении оптимальных доз удобрений, исходя из слабой окультуренности пахотных почв, возделывающихся главным

образом экстенсивно, с учетом варьирования естественного почвенного плодородия для основных типов почв, в 70-х гг. стало возможным направленное управление плодородием почвы.

В связи с необходимостью нормативного обеспечения зональных систем удобрения плодородия почв решались вопросы параметризации агрохимических свойств почв и определения оптимальных параметров, с использованием разделения по типам почв в качестве критерия обобщения. Фактически данный подход был ориентирован на совершенствование зональных систем земледелия на основе выделения внутри природных земледельческих зон территорий с однородными условиями земледелия и уровнем почвенного плодородия. В качестве диагностических был обычен учет систематически определяемых агрохимических показателей — рН или степень гидролитической кислотности, содержание подвижного фосфора и обменного калия, содержание органического углерода почвы, обеспеченность нитратами, с разделением массивов по грациям гранулометрического состава почвы. Так, нормативы затрат фосфорных и калийных удобрений на повышение подвижного фосфора и обменного калия до оптимального уровня разработаны с учетом гранулометрического состава почвы, степени кислотности, типа севооборота, вида возделываемых культур и наиболее существенных элементов агротехники.

В 80-е гг. XX в. в системе Геосети проводятся многочисленные исследования влияния комплексного применения удобрений, химических мелиорантов и средств защиты растений в основных почвенно-климатических районах страны. 50-летние стационарные исследования показали, что длительное применение удобрений и средств химизации в оптимальных дозах приводит к накоплению и перераспределению необходимых для роста растений элементов питания, улучшению свойств почв и повышению почвенного плодородия. В результате этого экспериментально подтверждена возможность последовательного увеличения урожайности озимой пшеницы с 3,5 до 6,5 т/га при применении удобрений совместно со средствами защиты растений на фоне роста окупаемости. Разработки на этой основе интенсивных технологий производства с.-х. продукции в 80-х гг. XX в. свидетельствовали, что в России в районах с достаточным увлажнением возможно получение средних урожаев зерновых 50-60 ц/га и рекордных — более 100 ц/га.

При разработке технологий интенсивного земледелия решалась задача повышения плодородия почв, обеспечения сбалансированного питания растений макро- и микроэлементами, соблюдения экологических ограничений, получения планируемых стабильных урожаев хорошего качества. Важное место в технологиях отводилось фактору оптимизации параметров почвенного плодородия. В системе почва — растение — удобрение фактор расширенного воспроизводства плодородия при сбалансированном питании растений макро- и микроэлементами и соблюдении экологических ограничений гарантировал получение высоких и стабильных урожаев хорошего качества.

Фактически данный подход был ориентирован на совершенствование зональных систем земледелия на основе выделения внутри природных земледельческих зон территорий с однородными условиями земледелия и уровнем почвенного плодородия.

В конце 80-х — начале 90-х гг. прошлого столетия новый интерес к использованию результатов полевых опытов Геосети был вызван разработкой интенсивных технологий возделывания с.-х. культур и программы агроэкологического мониторинга [2]. Одним из направлений исследования явилось применение моделирования как метода проектирования экономически эффективных и экологически безопасных тех-

нологий управления продуктивностью и плодородием почв. Модели использовались для поиска оптимизационных решений: оценки оптимальных параметров зональных типов почв, интенсивности баланса основных элементов питания, нормативов затрат удобрений на единицу прироста показателей плодородия, продуктивности севооборотов различной специализации. Главным образом применялись модели множественной регрессии. При разработке системы интенсивного земледелия создаются регрессионные модели, позволяющие рассчитывать дозы известкования, затраты удобрения на единицу изменения содержания органического вещества почвы, подвижного фосфора и обменного калия, обеспечивающие поддержание заданных параметров плодородия.

Развитие моделирования давало возможность изучать закономерности действия удобрений не путем формирования выборки из экспериментального материала, а с помощью численных экспериментов. Это решало проблему репрезентативности малых выборок при одновременном изучении большого количества факторов и позволяло анализировать роль почвенных, погодных и агротехнических факторов с учетом видовой специфики зерновых и пропашных культур [4]. Первый банк данных для автоматизированной обработки создан во ВНИИА в середине 70-х гг. прошлого столетия.

В рамках работ по научному обеспечению освоения интенсивных технологий в 90-х гг. XX в. для основных типов почв Центрального района Нечерноземной зоны, лесостепи, Центрально-Черноземной зоны и Северного Кавказа на основе обобщения данных опытов Геосети были разработаны регрессионные модели расчёта систем удобрения севооборотов различной специализации, обеспечивающие продуктивность для полевых культур до 50-60 ц з.е./га и кормовых культур — 80-90 ц з.е./га. На основе моделей рассчитывались оптимальные параметры систем удобрения, обеспечивающие высокую продуктивность и воспроизводство плодородия почв. Данная работа базировалась на разработанных нормативах, регламентирующих дозы минеральных удобрений в интенсивном земледелии, и оптимизацию баланса питательных веществ почвы. Таким образом, разработка нормативов была ориентирована на выбор набора информативных показателей плодородия, способных учесть почвенно-климатические ресурсы территории и специализацию хозяйства.

Развитие моделирования позволило качественно обновить систему расчетов потребности сельского хозяйства в минеральных удобрениях [5]. Если в 60-70-е гг. XX в. широко использовался прямой способ учёта результатов полевых опытов с системой поправочных коэффициентов, учитывающий различия в эффективности удобрений в разных зонах страны, то в 90-е гг. он был дополнен расчётами по нормативам окупаемости удобрений урожаем и затрат удобрений для получения единицы сельхозпродукции, а с внедрением ЭВМ — по производственным функциям.

В 90-х гг. XX в. в Геосети была разработана методика полевых опытов, предполагавшая расширение экспериментальных исследований в агроэкосистемах с привлечением информации о сопредельных средах на основе организации системы опытов нового типа — агроэкологических полигонов. Организация полигонов позволяла изучить влияние факторов интенсификации в геохимически подчинённых ландшафтах, учитывая влияние переноса влаги, питательных элементов, токсикантов на склоне. Агрохимические средства стали рассматриваться не только как материальная основа воспроизводства плодородия и высокой продуктивности земледелия, но и регулирования комплекса экологических функций в агроэкосистемах.

Набор вариантов полигона включал несколько уровней продуктивности с различными системами земледелия, уровнями насыщенности удобрениями и средствами защиты растений.

Основной целью создания полигонов являлась их интеграция в сеть наземных наблюдений мониторинга за состоянием пахотных почв как составной части мониторинга земель. Полигонная система исследований давала возможность изучать также последовательное наложение лимитирующих факторов для разработки динамических моделей продукционного процесса — до сих пор не реализованный в системе Геосети подход при закладке полевых экспериментов. Предусматривалось значительное расширение исследований агрофизического, биологического и фитосанитарного состояния почвы, оценки интенсивности эрозийных процессов, контроля за протеканием процессов вторичного осолонцевания и засоления. В 170 учреждениях Геосети из 650 длительных стационарных опытов в 1990 г. было отобрано 213 в качестве объектов полигонного агроэкологического мониторинга, в 1992 г. на 150 из них организованы исследования по единой программе, впоследствии свернутой из-за недостаточного финансирования.

В последующие годы по поручениям Министерства сельского хозяйства, Россельхозакадемии, Госкомзема институтом подготовлен ряд методических материалов по проведению комплексного мониторинга плодородия земель с.-х. назначения, действующих в настоящее время.

Многолетние опытные данные учреждений Геосети, а впоследствии данные Агрохимслужбы начиная с 60-х гг. XX в. постоянно использовались для прогноза эффективности удобрений. Важным выводом является практическая возможность снижения негативного влияния погодных условий при правильном подборе системы удобрения и средств защиты растений.

В результате научного сотрудничества ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, Всероссийского НИИ аграрных проблем и информатики, ВНИИ сельскохозяйственной метеорологии и Почвенного института имени В.В. Докучаева в 2006 г. была создана методика расчетов, позволяющая оценить необходимость, своевременность и эффективность адаптационных мер в растениеводстве к изменениям климата на европейской территории России [3, 8].

Отдельно следует отметить направления работ, связанных с разработкой систем удобрения на техногенно загрязненных почвах, изучение экологической роли агрохимических средств и мелиорантов в инактивации радионуклидов и подвижных форм тяжелых металлов, снижении их поступления в растения. В результате аварии на Чернобыльской АЭС радиоактивному загрязнению подверглись обширные территории Белоруссии, Украины и России. На Новозыбковской опытной станции ВНИИА (Брянская обл.), где содержание ^{137}Cs в почвенном покрове возросло в 700-1000 раз, в ходе проверки эффективности защитных мероприятий на протяжении 25 лет установлено, что применение минеральных удобрений, и прежде всего калия, в значительной степени снижает поступление ^{137}Cs в растения на лёгких дерново-подзолистых почвах. В ряде полевых опытов установлено, что средние и высокие дозы минеральных удобрений снижают поступление ^{137}Cs в клубни картофеля по сравнению с контролем в 2,3-3,2 раза, в зерно овса — в 1,3-1,7 раза.

В результате последней инвентаризации длительных опытов Геосети в настоящее время проводится 337 полевых опытов, соответствующих требованиям методики опытного дела, в т.ч. 21 — длительностью более 60 лет. Опыты проводятся 113 учреждениями, среди которых — 69 НИИ Россельхозакадемии, 24 государственных аграрных академии Минсельхоза, 2 государственных университета, 9 опытных станций. Учитывая, что в мире проводится около 620 длительных полевых опытов,

Геосеть опытов России является уникальной, не имеющей мировых аналогов, системой длительных стационарных наблюдений [10].

Сегодня агрохимические опыты являются научной экспериментальной базой фундаментальных исследований в агрохимии, агроэкосистемных исследованиях, защите окружающей среды, изучении фактора климата. Основным приоритетом остается эффективное решение главной задачи агрохимии — регулирование биологического круговорота в агроценозах. В последние десятилетия этот подход расширился на основе развития представлений о ландшафтной агрохимии, объединения агрохимических показателей с информацией об окружающей среде, разработки адаптационных подходов в устойчивом функционировании агроландшафтов [6, 7].

С целью повышения результативности исследований, обеспечения перехода от традиционных способов разработки рекомендаций к современным методам принятия решений на основе комплексного анализа и обработки информации о состоянии агроэкосистем необходимо решение комплекса следующих вопросов:

- определить необходимые объемы проведения исследований в длительных опытах с внесением удобрений, обеспечивающих экологически безопасное и экономически целесообразное их применение в зональных технологиях различной интенсивности с учетом пространственной изменчивости факторов продуктивности, климата и оценки соответствия затрат ресурсов и получаемого отклика;
- создать электронную систему на основе данных опытов Геосети, объединяющую ландшафтные, почвенные, агрохимические, климатические и экономические показатели, как основу информационного потенциала агрохимической науки, обеспечения имитационного моделирования продукционного процесса, состояния почвенных и климатических ресурсов; решения оптимизационных задач с учетом рентабельного ведения сельского хозяйства и устойчивого функционирования агроландшафтов;
- образовать единое электронное информационное пространство, доступное всем участникам Географической сети опытов для координации исследований;
- разработать справочно-нормативный программный комплекс для принятия оптимизационных решений при различных уровнях почвенного плодородия и интенсивности земледелия с учетом ландшафтной изменчивости факторов продуктивности, климата и оценки соответствия затрат ресурсов и получаемого отклика;
- создать систему оценки предлагаемых адаптационных, ресурсо- и энергосберегающих приемов в агротехнологиях на основе методов прогнозирования состояния окружающей среды, оценки состояния природно-ресурсного потенциала территории, рационального природопользования, ГИС-систем управления природными ресурсами;
- изучить длительные изменения в циклах пулах, фракциях биогенных элементов и влияние на них агрохимических приемов;
- совершенствовать методы оценки экологических функций почвы;
- расширить междисциплинарные исследования на основе сотрудничества с учеными смежных дисциплин в области изучения таких вопросов, как пространственно-временные зависимости функционирования агроценозов, разделение природных и антропогенных факторов воспроизводства почвенного плодородия, фонового и местных источников загрязнения, изучение среды обитания почвенной биоты, генного резервуара, источников биоразнообразия.

Новые направления исследований в длительных опытах Геосети рассматриваются также как методическая основа для ресурсосберегающих высокоэффективных технологий и проведения междисциплинарных исследований.

Исследования в Геосети должны получить новый импульс для эффективного управления природно-ресурсным потенциалом агроэкосистем, в т.ч. на уровне отдельного поля и хозяйства, с учетом эколого-агрохимической характеристики почв, динамики показателей состояния агроэкосистем, вопросов экологической безопасности агроценозов, с использованием преимуществ ГИС-технологий и привлечением данных дистанционных методов обследования. Такие системы обеспечивают воспроизводство плодородия пахотных почв и предотвращение деградации земель сельскохозяйственного назначения, обоснованных с учётом результатов многолетних полевых наблюдений в Географической сети опытов.

Библиографический список

1. *Прянишников Д.Н.* К вопросу о химизации нашего земледелия. Избр. соч. Т.4. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 503 с.
2. Расширенное воспроизводство плодородия почв в интенсивном земледелии Нечерноземья / Общ. ред. Н.З. Милащенко. М.: ВИУА РАСХН, 1993. 864 с.
3. *Романенко В.А., Сиротенко О.Д.* Значение длительных полевых опытов в разработке мер по адаптации агроценозов к изменениям климата // Экологические функции агрохимии в современном земледелии. Матер. Всерос. совещания Геосети 27-28 февраля 2008 г. С. 233-236.
4. *Стребков П.М., Кирикой Я.Т., Халанская Т.П.* Методическое руководство по использованию принципов системного анализа в агрохимических исследованиях закономерности действия удобрений. М.: ВИУА. 1988. 72 с.
5. *Сычев В.Г.* Основные ресурсы урожайности сельскохозяйственных культур и их взаимосвязь. М.: Изд-во ЦИНАО, 2003. 228 с.
6. *Сычев В.Г., Романенко В.А.* Основные итоги и стратегия развития Географической сети опытов с удобрениями // Состояние и перспективы агрохимических исследований в Географической сети опытов с удобрениями. Матер, междунауч.-метод. конф. Геосети 10-11 июня 2010 г. М.: ВНИИА, 2010. С. 3-7.
7. *Сычев В.Г., Романенко В.А.* Основные итоги и стратегия развития Географической сети опытов с удобрениями // Агрохимические свойства почв и приемы их регулирования. V Сибирские Прянишниковские агрохимические чтения, 12-16 июня 2010 г. Новосибирск, 2011. С. 24-31.
8. *Федосеев А.П.* Агротехника и погода. JL: Гидрометеиздат, 1979. 240 с.
9. *Шевцова Л.К., Романенко В.А.* Лаборатория географической сети опытов ВИУА (этапы развития научно-методической и организационной работы за 60 лет) // История развития агрохимических исследований в ВИУА. М: Агроконсалт, 2002. С. 75-84.
10. *Debreczeni K., Korschens M.* Long-term field experiments of the world // Archives of Agronomy and Soil Science, 2003. Vol. 49. N 5. P. 465-483.

Информация об авторе

Романенков Владимир Аркадьевич — д. б. н., зав. лабораторией информационного обеспечения агрохимических исследований Геосети; ведущий научный сотрудник. Всероссийский НИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова Россельхозакадемии (127550, Москва, ул. Прянишникова, 31а; тел. (499) 976-49-57; e-mail: geoset@yandex.ru).

Information about the autor

Romanenkov Vladimir — D. Sc. (Biol.), Leading Researcher Head of laboratory Database Management for Agrochemical Research Field Experiment Network Department All-Russian Research Institute for Agrochemistry named after D. Pryanishnikov RAAS (Pryanishnikova st., 31a 127550 Moscow Russia, Tel. +7 499 9764957; e-mail: geoset@yandex.ru).